

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

08 SEP 2004

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
18. September 2003 (18.09.2003)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 03/077404 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: H02K 15/02,
1/18

[DE/DE]; Amtmannsweg 17, 98527 Suhl (DE).
JHARSKIJ, Wladimir [BY/BY]; Kuprewitscha Strasse
1-3, Minsk 220141 (BY).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP03/02125

(22) Internationales Anmeldedatum:
28. Februar 2003 (28.02.2003)

(74) Anwalt: ENGEL, Christoph, K.; Marktplatz 6, 98527
Suhl (DE).

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
102 10 071.3 8. März 2002 (08.03.2002) DE

(81) Bestimmungsstaaten (*national*): AE, AG, AL, AM, AT,
AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR,
CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE,
GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR,
KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK,
MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU,
SC, SD, SE, SG, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(71) Anmelder (*für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US*): LAT SUHL AG [DE/DE]; Mittelbergstrasse 2, 98527
Suhl (DE).

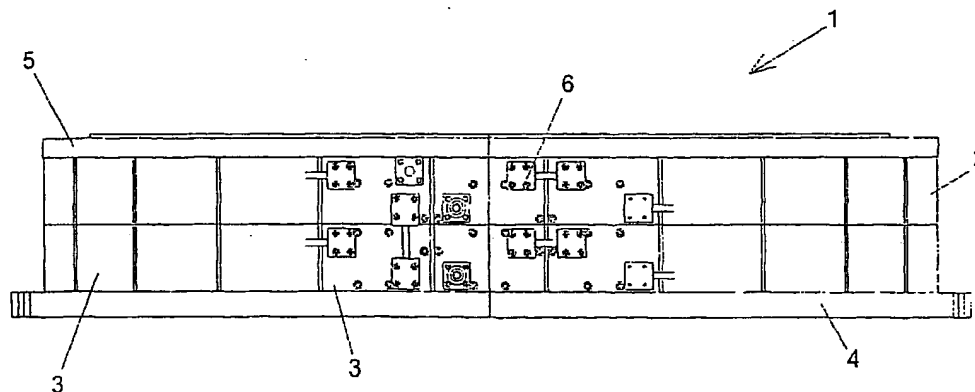
(84) Bestimmungsstaaten (*regional*): ARIPO-Patent (GH,
GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW),
eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ,
TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE,

(72) Erfinder; und
(75) Erfinder/Anmelder (*nur für US*): SCHMIDT, Dirk

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: TORQUE MOTOR HAVING A SEGMENT DESIGN

(54) Bezeichnung: DREHMOMENTMOTOR IN SEGMENTBAUWEISE



(57) Abstract: The invention relates to a torque motor (1) provided with an annular rotor (15) and an annular stator (2), which comprises a stator frame with iron cores and electrical windings arranged thereon. According to the invention, the iron cores (10) and the electrical windings (11) are arranged in one or more separate stator segments (3), whereby each of these stator segments (3) occupies only a predetermined angular section $\leq 180^\circ$ in the stator frame and is detachably joined thereto. Preferably, a number of stator segments (3) are arranged which each occupy an angular section $\leq 45^\circ$ in the stator frame.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft einen Drehmomentmotor (1) mit einem ringförmigen Rotor (15) und einem ringförmigen Stator (2), der einen Statorrahmen mit Eisenkernen und darauf angeordneten elektrischen Wicklungen umfasst. Erfindungsgemäss sind die Eisenkerne (10) und die elektrischen Wicklungen (11) in einem oder mehreren eigenständigen Statorsegmenten (3) angeordnet, wobei jedes dieser Statorsegmente (3) nur einen vorgegebenen Winkelabschnitt $\leq 180^\circ$ im Statorrahmen einnimmt und lösbar mit diesem verbunden ist. Vorzugsweise sind mehrere Statorsegmente (3) angeordnet, die jeweils einen Winkelabschnitt $\leq 45^\circ$ im Statorrahmen einnehmen.

WO 03/077404 A1

Express Mail Label
No. EV342536169US



DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL,
PT, SE, SI, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI,
CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

— vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden
Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen
eintreffen

Erklärung gemäß Regel 4.17:

— Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv) nur für US

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen
Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on
Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe
der PCT-Gazette verwiesen.

Express Mail Label
No. EV342536169US

DT09 Rec'd PCT/PTO 08 SEP 2004

Drehmomentmotor in Segmentbauweise

Die vorliegende Erfindung betrifft einen Drehmomentmotor mit
5 einem ringförmigen Rotor und einem ringförmigen Stator, der
einen Statorrahmen mit Eisenkernen und darauf angeordneten
elektrischen Wicklungen umfasst.

Neben herkömmlichen rotatorischen Motoren, welche Antriebs-
10 funktionen unter Zwischenschaltung von Getriebeelementen
erfüllen, werden in den verschiedensten Technikbereichen
zunehmend sogenannte Direktantriebe eingesetzt, bei denen die
bereitgestellten Antriebskräfte ohne Zwischenschaltung von
Getriebeelementen an die zu bewegenden Bauteile geliefert
15 werden. Zu diesen Direktantrieben werden auch sogenannte
Drehmomentmotoren (auch bekannt als Torquemotoren) der oben
genannten Art gerechnet.

Aus der Firmenschrift „Direct Drives & Systems“ der Firma
20 ETEL S.A., Schweiz, Version 1.1-01/07/99, ist ein Drehmoment-
motor bekannt, der einen festen Statorrahmen und einen ring-
förmigen innerhalb des Statorrahmens laufenden Rotor besitzt.
Der Rotor besteht aus einem Rotorrahmen und darauf befestig-
ten Permanentmagneten, die eine Permanenterregung bereitstel-
25 len. Der ebenfalls ringförmig gebildete Stator besitzt einen
Eisenkern und eine darauf angeordnete elektrische Wicklung.
An der Außenseite des Statorrings sind Kühlelemente befes-
tigt, die mit einer Wasserkühlung gekoppelt sind. Dieser
Motor kann bei einem Durchmesser von 2,5 m Drehmomente von
30 etwa 10.000 Nm erzeugen. Neben der Bereitstellung großer
Kräfte ermöglicht ein solcher Drehmomentmotor eine präzise
Positionierung, große Beschleunigungen und Geschwindigkeiten
in einer großen Bandbreite. Wie bei anderen großen Elektromo-

toren besteht allerdings auch hier das Problem, dass sehr große und schwere Drehteile angefertigt, transportiert und zusammengebaut werden müssen, wodurch die Herstellungskosten erheblich beeinflusst werden. Da derartige Direktantriebe häufig in teuren Gesamtanlagen eingesetzt werden, ist die Zuverlässigkeit des Motors ein weiteres wichtiges Kriterium. Eine der wichtigsten Fehlerquellen wird darin gesehen, dass die elektrische Wicklung des Motors beschädigt wird und beispielsweise ein Kurzschluss zwischen einzelnen Windungen eintritt. In einem solchen Fall muss der komplette Motor ausgebaut werden, um die elektrische Wicklung auszutauschen. Üblicherweise sind die einzelnen Windungen in einer Vergussmasse aus Kunstharz, Träufellack o.ä. eingeschlossen, so dass nur ein vollständiger Ersatz der gesamten elektrischen Wicklung möglich ist. Aufgrund der Größe dieser Direktantriebe ist die Demontage aufwändig. Da der Direktantrieb wesentlicher Bestandteil komplexer Anlagen ist, kann diese Anlage bei einem solchen Fehler während der gesamten Reparaturzeit nicht verwendet werden.

20

Aus der US 4,315,171 ist ein Schrittmotor bekannt, bei welchem der Stator in einzelne Segmente unterteilt ist. Die Aufgabe dieses bekannten Motors besteht darin, durch Segmentierung des Stators das für die Herstellung der Eisenblechpakete benötigte Material effektiver zu nutzen, um dadurch die Herstellungskosten zu senken, ohne die Leistungsfähigkeit des Motors wesentlich zu beeinträchtigen. Zur Lösung dieser Aufgabe wird der kreisförmige Stator in mehrere Segmente unterteilt, deren Eisenkerne daraufhin nur Kreissegmente umfassen, wodurch die bei der Herstellung anfallenden Materialabfälle reduziert werden. Einzelne Segmente werden dann zu einem Stator zusammengesetzt, wobei alle Segmente in einem einzigen gemeinsamen Gehäuse angeordnet sind. Die elektri-

30

schen Wicklungen müssen für eine dauerhafte Betriebsfähigkeit des Motors im Gehäuse befestigt werden, was üblicherweise durch Vergießen der Wicklungen im Gehäuse erfolgt.

- 5 Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht somit darin, einen Drehmomentmotor bereitzustellen, der einen Austausch einzelner Abschnitte der elektrischen Wicklung ohne montagebedingte Beschädigung der elektrischen Wicklung und ohne Demontage des gesamten Stators ermöglicht und der gleichzei-
- 10 tig auch nach seiner ursprünglichen Herstellung, also bei wechselnden Einsatzbedingungen, an veränderte Leistungserfordernisse angepasst werden kann.

- Diese und weitere Aufgaben werden durch den im beigefügten
- 15 Anspruch 1 angegebenen Drehmomentmotor gelöst. Dieser zeichnet sich unter anderem dadurch aus, dass die Eisenkerne und die elektrischen Wicklungen mehreren eigenständigen Statorsegmenten angeordnet sind, wobei jedes dieser Statorsegmente ein eigenes Gehäuse umfasst, nur einen vorgegebenen
- 20 Winkelabschnitt $\leq 180^\circ$ im Statorrahmen einnimmt und lösbar mit diesem verbunden ist.

- Ein wesentlicher Vorteil dieses erfindungsgemäßen Drehmomentmotors besteht darin, dass die einzelnen Statorsegmente
- 25 wesentlich kleinere Abmessungen haben, als der aus den Segmenten zusammengebaute Stator. Die einzelnen Segmente lassen sich unter Einsatz üblicher Werkzeugmaschinen ohne weiteres fertigen. Ebenso bereitet der Transport des in Segmente zerlegten Motors keine Schwierigkeiten. Der Stator
- 30 des Drehmomentmotors kann direkt am Einsatzort zusammengebaut werden, indem die Statorsegmente an der gewünschten Stelle im Statorrahmen befestigt werden. Weiterhin besteht ein Vorteil des Drehmomentmotors darin, dass im Falle eines Defektes in

der elektrischen Wicklung nur das Statorsegment mit dem defekten Abschnitt der Wicklung ausgebaut werden muss. Der Motor bleibt im Übrigen vollständig erhalten und betriebsfähig. Wenn bei der Konstruktion entsprechender Anlagen darauf
5 geachtet wird, dass die Statorsegmente gut zugänglich bleiben, können defekte Segmente ausgebaut werden, ohne dass der komplette Motor aus der Anlage entfernt werden muss. Außerdem kann eine Reparatur dieses Motors sehr schnell durchgeführt werden, indem lediglich ein neues Statorsegment an die Posi-
10 tion eines defekten Segments gesetzt wird.

Schließlich bietet der erfindungsgemäße Drehmomentmotor den Vorteil, dass mit gleichartigen Statorsegmenten unterschiedliche Motoren aufgebaut werden können, deren Leistung abhängig
15 von der Anzahl der eingesetzten Statorsegmente ist. Im Stator können unterschiedlich viele Segmente eingesetzt sein, ohne dass die Funktionsfähigkeit des Motors gestört ist. Um die volle Leistungsfähigkeit zu erzielen, wird der Statorrahmen entlang seines gesamten Umfangs mit Statorsegmenten
20 bestückt. Wenn geringere Leistungen ausreichend sind, können zwischen einzelnen Statorsegmenten Lücken gelassen werden, natürlich unter Beachtung der erforderlichen Polzahl für einen störungsfreien Betrieb des Motors.

25 Generell ist der Drehmomentmotor noch betriebsfähig, wenn nur ein einziges Statorsegment angeordnet ist, welches dann einen kleinen Teilabschnitt von beispielsweise 10° bis 30° im Statorrahmen einnimmt. Diese Gestaltung kann insbesondere angewendet werden, wenn nur geringe Drehzahlen und kleine
30 Drehmomente benötigt werden aber andererseits eine hohe Präzision wünschenswert ist.

Express Mail Label
No. EV342536169US

Bei einer vorteilhaften Ausführungsform des Drehmomentmotors besteht der ringförmige Rotor aus einem Rotorrahmen und daran befestigten Permanentmagneten. Dadurch wird ein Permanenterregerfeld bereitgestellt, so dass eine Stromzuführung zu 5 Erregerwicklungen des Rotors nicht erforderlich ist. Der Drehmomentmotor benötigt durch diesen Verzicht auf elektrische Schleifkontakte nur eine geringe Wartung.

10 Gemäß einer weitergebildeten Ausführungsform sind die elektrischen Wicklungen von mehreren Statorsegmenten durch elektrische Verbindungselemente elektrisch gekoppelt, wobei die Verbindungselemente lösbar zwischen den Statorsegmenten verlaufen. Die Art der elektrischen Kopplung der einzelnen Wicklungen hängt von der gewählten Betriebsart ab. Beispiels- 15 weise können mehrere Wicklungen zu Blöcken parallel geschaltet sein, die ihrerseits elektrisch in Reihe geschaltet werden. Die Verbindungselemente können z.B. durch Steck- oder Schraubverbindungen realisiert werden. Dadurch ist eine schnelle Demontage einzelner Statorsegmente möglich.

20 Eine besonders vorteilhafte Ausführungsform zeichnet sich dadurch aus, dass der Statorrahmen einen unteren und einen oberen Statorring umfasst, zwischen denen die Statorsegmente positioniert sind. Insbesondere ist es vorteilhaft, wenn 25 zwischen dem unteren und dem oberen Statorring mehrere Rahmenstege senkrecht verlaufen, an denen die Statorsegmente befestigt sind. Die Rahmenstege definieren außerdem den Abstand zwischen dem unteren und dem oberen Statorring, so dass bei Bedarf auch sämtliche Statorsegmente entfernt werden 30 können, um beispielsweise Wartungsarbeiten durchzuführen. Generell ist es aber auch möglich, nur einen oberen oder einen unteren Statorring zu verwenden, da die Statorsegmente selbsttragend aufgebaut werden und somit die Rahmenfunktion

mit übernehmen können. Soweit ein geschlossener Stator durch aneinandergrenzende Statorsegmente ausgebildet ist, könnte bei Bedarf vollständig auf die unteren und oberen Statorringe verzichtet werden.

5

Um eine kreisrunde Ausrichtung der Statorsegmente einfach zu ermöglichen ist es zweckmäßig, wenn die Rahmenstege winklig zueinander stehende Seitenflächen besitzen, die somit auf unterschiedlichen Radialebenen des Stators liegen. Dabei können auch unterschiedlich dick ausgebildete Rahmenstege eingesetzt werden, wodurch es möglich wird, die exakte Position der Statorsegmente zu variieren. Dadurch können beispielsweise die im Motorbetrieb auftretenden Rastkräfte optimal eingestellt werden.

15

Bei einer bevorzugten Ausführungsform des Drehmomentmotors sind in jedem Statorsegment drei Spulen auf Eisenkernen angeordnet, die jeweils mit den zugeordneten Spulen der benachbarten Statorsegmente gekoppelt sind. Dadurch wird der Drehmomentmotor als 3-Phasen-AC-Synchronmotor (Drei-Phasen-Wechselstrommotor) ausgebildet. Generell kommen für die Steuerung des Drehmomentmotors die allgemein für Direktantriebe bekannten Steuerverfahren und Regeleinrichtungen zum Einsatz.

25

Um hohe Feldstärken durch die elektrischen Wicklungen zu erzeugen, ohne eine Beschädigung der einzelnen Spulendrähte bzw. der jeweiligen Isolierung hervorzurufen, ist es nützlich, wenn an jedem Statorsegment ein Kühlkörper befestigt ist, der einen Strömungskanal zur Durchleitung eines Kühlmediums besitzt. Die Kühlung kann im einfachsten Fall durch eine sich ausbildende Luftströmung erfolgen. Bei höheren Anforderungen wird ein flüssiges Kühlmedium durch abgedich-

30

tete Strömungskanäle geleitet. In diesem Fall sind die Strömungskanäle benachbarter Statorsegmente durch lösbare Kanalverbinder miteinander in Reihe geschaltet, um weiterhin den schnellen Ausbau einzelner Statorsegmente zu ermöglichen. Im
5 Bedarfsfall werden die Kanalverbinder und die elektrischen Verbindungselemente gelöst, um ein Statorsegment zu entfernen. Wenn der Motorbetrieb ohne dieses Statorsegment fortgesetzt werden soll, werden Überbrückungselemente eingesetzt, um die elektrische Kopplung und die Weiterleitung des Kühlme-
10 diums zwischen den nunmehr über eine Lücke benachbarten Statorsegmenten zu ermöglichen.

Spezielle Ausführungsformen des Drehmomentmotors besitzen weiterhin Temperatursensoren in jedem Statorsegment und ein
15 integriertes Messsystem, mit welchem die relative und/oder absolute Stellung zwischen Rotor und Stator erfasst werden kann. Die gelieferten Messwerte werden von der Motorsteuerung ausgewertet, wobei herkömmliche Verfahren einsetzbar sind.

20

Weitere Vorteile, Einzelheiten und Weiterbildungen ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsformen der Erfindung, unter Bezugnahme auf die Zeichnung. Es zeigen:

25

Fig. 1 eine vereinfachten Seitenansicht eines erfindungsgemäßen Drehmomentmotors;

30

Fig. 2 eine Detailzeichnung eines Statorsegments in einer geschnittenen Ansicht von oben;

Fig. 3 eine seitliche Schnittansicht des Drehmomentmotors;

Fig. 4 eine Draufsicht auf den zusammengebauten Drehmomentmotor.

5 Fig. 1 zeigt eine Seitenansicht eines erfindungsgemäßen Drehmomentmotors 1. Bei der dargestellten Ausführungsform handelt es sich um einen Synchronmotor mit einem außenliegenden ringförmigen Stator 2. Der Stator 2 ist aus mehreren Statorsegmenten 3 zusammengesetzt, von denen zur Vereinfachung nur die
10 mittleren drei Statorsegmente detaillierter gezeichnet sind. Bei der dargestellten Ausführungsform sind die Statorsegmente 3 aneinandergereiht und am gesamten Umfang des Stators angeordnet. Bei einer abgewandelten Ausführungsform könnten beispielsweise jedes zweite Statorsegment weggelassen oder
15 auch noch weniger Statorsegmente benutzt werden.

Den unteren Abschluss des Stators bildet ein unterer Statorring 4, auf welchem die einzelnen Statorsegmente 3 aufgesetzt sind. Die Statorsegmente sind an ihrer Oberseite von einem
20 oberen Statorring 5 abgedeckt. Bei der in Fig. 1 dargestellten Ausführungsform dienen die Statorringe 4, 5 der Halterung der Statorsegmente und der Erhöhung der Stabilität des gesamten Stators. Bei anderen Ausführungsformen kann auf einen oder beide Statorringe verzichtet werden, sofern die Positionierung und Befestigung der Statorsegmente durch andere
25 Mittel sichergestellt ist.

Die einzelnen Statorsegmente 3 sind untereinander durch elektrische Verbindungselemente (nicht gezeigt) und durch
30 lösbare Kanalverbinder 6 verbunden, deren Funktion weiter unten beschrieben wird.

Die in Fig. 2 dargestellte Detailzeichnung zeigt in einer geschnittenen Ansicht von oben ein einzelnes Statorsegment 3, welches im Stator befestigt ist. Bei der dargestellten Ausführungsform erfolgt die Befestigung des Statorsegments 3 mit Hilfe von Gewindeschrauben 7 an zwei seitlichen Rahmenstegen 8, welche sich zwischen dem unteren Statorring 4 und dem oberen Statorring 5 lotrecht erstrecken. Bei abgewandelten Ausführungsformen könnten die Statorsegmente beispielsweise auch über Klemm- oder Rastverbindungen im Stator befestigt sein.

Aus der Fig. 2 ist weiterhin erkennbar, dass die Rahmenstege 8 spitzwinklig zueinander verlaufende Seitenflächen besitzen, die jeweils auf Radialebenen des Stators liegen. Dadurch ist die exakte Winkelpositionierung der Statorsegmente möglich, um den kreisförmigen Querschnitt des Stators 2 herzustellen. Außerdem ist erkennbar, dass unterschiedlich dicke Rahmenstege 8 eingesetzt werden können, um den Abstand zwischen den benachbarten Statorsegmenten 3 verändern zu können. Durch die geeignete Auswahl der Rahmenstege mit der passenden Dicke können die Statorsegmente so innerhalb des Statorrahmens angeordnet werden, wie es für die optimale Lage der sich im Betrieb ausbildenden magnetischen Pole gewünscht ist.

Im Inneren des Statorsegments 3 befinden sich Eisenkerne 10 und elektrische Wicklungen 11. Bei der dargestellten Ausführungsform sind in jedem Statorsegment durch die elektrischen Wicklungen drei Spulen gebildet, so dass der Drehmomentmotor mit drei Stromphasen angesteuert wird. Die elektrischen Wicklungen 11 können innerhalb des Statorsegments 3 in herkömmlicher Weise mit Kunstharzmasse, Vergusslack o.ä. vergossen bzw. gekapselt sein. Das Gehäuse des Statorsegments 3 kann beispielsweise aus Aluminium gefertigt werden.

Weiterhin ist an der Außenseite des Statorsegments 3 ein Kühlkörper 12 befestigt, der der verbesserten Wärmeabfuhr von den elektrischen Wicklungen 11 dient. Der Kühlkörper 12 ist
5 beispielsweise wiederum mit Gewindeschrauben 7 am Statorsegment 3 befestigt. Innerhalb des Kühlkörpers 12 verläuft ein Strömungskanal, in welchem ein Kühlmedium strömt. Die in Fig. 1 erkennbaren Kanalverbinder 6 dienen der Kopplung der jeweiligen Strömungskanäle der benachbarten Statorsegmente und
10 müssen beim Ausbau eines Statorsegments zeitweise entfernt werden.

Um das in Fig. 2 gezeigte Statorsegment aus dem Statorrahmen zu entfernen, was beispielsweise im Falle eines Defektes der
15 elektrischen Wicklung innerhalb dieses Statorsegments erforderlich sein kann, müssen nur die Gewindeschrauben 7 gelöst werden, die das Statorsegment 3 an den Rahmenstegen 8 befestigen. Ebenfalls müssen die Kanalverbinder 6 und die elektrischen Verbindungselemente zu den benachbarten Statorsegmenten
20 entfernt werden. Anschließend kann das Statorsegment ohne weiteres aus dem Motor heraus genommen werden, um durch ein funktionsfähiges Statorsegment ersetzt zu werden.

Fig. 3 zeigt eine seitliche Schnittansicht des Drehmomentmotors 1. Im außenliegenden Stator 2 sind mehrere Statorsegmente 3 angeordnet. Weiterhin besitzt der Drehmomentmotor einen ringförmigen Rotor 15, der in herkömmlicher Weise als permanenterregter Innenläufer ausgebildet sein kann. Die
25 Kopplung zwischen Stator und Rotor erfolgt in dem dargestellten Beispiel durch ein Lager 16, welches an den speziellen Einsatzzweck des Motors angepasst ist. Außerdem kann ein
30 Messsystem 17 vorgesehen sein, um Positionswerte zu liefern.

Der untere und der obere Statorring 4, 5 können aus mehreren Ringsegmenten zusammengesetzt sein, wenn dies bei größeren Ausführungsformen eine leichtere Fertigung ermöglicht.

5 Fig. 4 zeigt den zusammengebauten Drehmomentmotor in einer Ansicht von oben. Mehrere lösbare Kanalverbinder 6 verbinden die Kühlsysteme der jeweils benachbarten Statorsegmente 3. Für gegebenenfalls erforderliche Wartungsarbeiten ist in einer Motorabdeckung eine Serviceöffnung 18 vorgesehen. Über
10 ein elektrisches Anschlusselement 19 erfolgt die Zuführung des Motorstroms sowie der Abgriff der vom Messsystem 17 gelieferten Messdaten. Ebenso können an dieser Stelle Daten von Temperatursensoren (nicht gezeigt) ausgelesen werden, die in jedem einzelnen Statorsegment vorgesehen sind, um die
15 Betriebstemperatur der elektrischen Wicklung zu überwachen. Das durch die Kühlkörper 12 der Statorsegmente 3 geführte Kühlmedium wird über Zu- und Abflussanschlüsse 20 geführt.

Der erfindungsgemäße Drehmomentmotor kann in unterschiedli-
20 chen Größen und mit verschiedenen Leistungswerten aufgebaut werden. Durch die weitgehend beliebige Bestückung des Motors mit mehr oder weniger Statorsegmenten kann die Motorleistung an den gewünschten Einsatzzweck ohne weiteres angepasst werden. Bereits in eine Anlage integrierte Drehmomentmotoren
25 können bei gewachsenem Leistungsbedarf gegebenenfalls durch zusätzliche Statorsegmente verstärkt werden, wenn entsprechende Einbauplätze für zusätzliche Statorsegmente bereits bei der ursprünglichen Konzeption vorgesehen wurden. Weitere Abwandlungen zur konstruktiven Anpassung an beliebige
30 Einsatzfälle sind denkbar.

Bezugszeichenliste

	1	Drehmomentmotor
5	2	Stator
	3	Statorsegment
	4	unterer Statorring
	5	oberer Statorring
	6	lösbare Kanalverbinder
10	7	Gewindeschrauben
	8	Rahmenstege
	10	Eisenkern
	11	elektrische Wicklung
	12	Kühlkörper
15	15	Rotor
	16	Lager
	17	Messsystem
	18	Serviceöffnung
	19	elektrisches Anschlusselement
20	20	Zu- und Abflussanschluss

Patentansprüche

1. Drehmomentmotor (1) mit einem ringförmigen Rotor (15) und einem ringförmigen Stator (2), der einen Statorrahmen mit Eisenkernen und darauf angeordneten elektrischen Wicklungen umfasst, dadurch gekennzeichnet, dass die Eisenkerne (10) und die elektrischen Wicklungen (11) in einem oder mehreren eigenständigen Statorsegmenten (3) angeordnet sind, wobei jedes dieser Statorsegmente (3):
- eigenständig betriebsfähig aufgebaut ist;
 - ein eigenes Gehäuse umfasst, in welchem ein segmenteigener Eisenkern (10) und eine segmenteigene elektrische Wicklung (11) angeordnet sind;
 - einen vorgegebenen Winkelabschnitt $\leq 180^\circ$ im Statorrahmen einnimmt;
 - lösbar so mit diesem Statorrahmen verbunden ist, dass es unabhängig von den weiteren Statorsegmenten sowie ohne Beschädigung seiner elektrischen Wicklung (11) und des Statorrahmens ein- und ausgebaut werden kann.
2. Drehmomentmotor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass eine Vielzahl von Statorsegmenten (3) angeordnet sind, die jeweils einen Winkelabschnitt $\leq 45^\circ$ im Statorrahmen einnehmen.
3. Drehmomentmotor nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der ringförmige Rotor (15) aus einem Rotorrahmen und daran befestigten Permanentmagneten besteht.

4. Drehmomentmotor nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die elektrischen Wicklungen (11) von mehreren Statorsegmenten (3) durch elektrische Verbindungselemente elektrisch miteinander gekoppelt sind, die lösbar zwischen den Statorsegmenten (3) verlaufen.
5. Drehmomentmotor nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Statorrahmen einen unteren (4) und einen oberen Statorring (5) umfasst, zwischen denen die Statorsegmente (3) positioniert sind.
- 10 6. Drehmomentmotor nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen dem unteren (4) und dem oberen Statorring (5) mehrere Rahmenstege (8) im wesentlichen lotrecht zu den Statorringen (4, 5) verlaufen, und der Befestigung der Statorsegmente (3) dienen.
- 15 7. Drehmomentmotor nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Seitenflächen der Rahmenstege (8) winklig zueinander auf unterschiedlichen Radialebenen des Stators liegen.
- 20 8. Drehmomentmotor nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass unterschiedlich dicke Rahmenstege (8) zwischen gleichartigen Statorsegmenten (3) eingesetzt sind, wodurch der Abstand zwischen benachbarten Statorsegmenten (3) einstellbar ist.
- 25 9. Drehmomentmotor nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere gleichartige Statorsegmente (3) einen geschlossenen ringförmigen Stator (2) bilden.

10. Drehmomentmotor nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass er als 3-Phasen-AC-Synchronmotor ausgebildet ist, wobei die elektrischen Wicklungen (11) in jedem Statorsegment (3) drei Spulen bilden, die mit
5 den zugehörigen Spulen anderer Statorsegmente (3) geköp-
pelt sind.
11. Drehmomentmotor nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass an jedem Statorsegment (3) ein Kühlkörper (12) befestigt ist, der mindestens einen
10 Strömungskanal besitzt, welcher von einem Kühlmedium durchströmt wird.
12. Drehmomentmotor nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Strömungskanäle benachbarter Statorsegmente (3) durch lösbare Kanalverbinder (6) miteinander in Reihe
15 geschaltet sind.
13. Drehmomentmotor nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass in jedem Statorsegment (3) ein Temperatursensor angeordnet ist, welcher die Tempera-
20 tur der elektrischen Wicklung (11) in diesem Statorseg-
ment überwacht.
14. Drehmomentmotor nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass der Stator (2) als äußerer Ring den Rotor (15) umgreift, dass zwischen Stator (2) und Rotor (15) ein Lager (16) angeordnet ist und dass ein
25 Messsystem (17) integriert ist, welches die relative Position zwischen Rotor und Stator erfasst.

Fig. 1

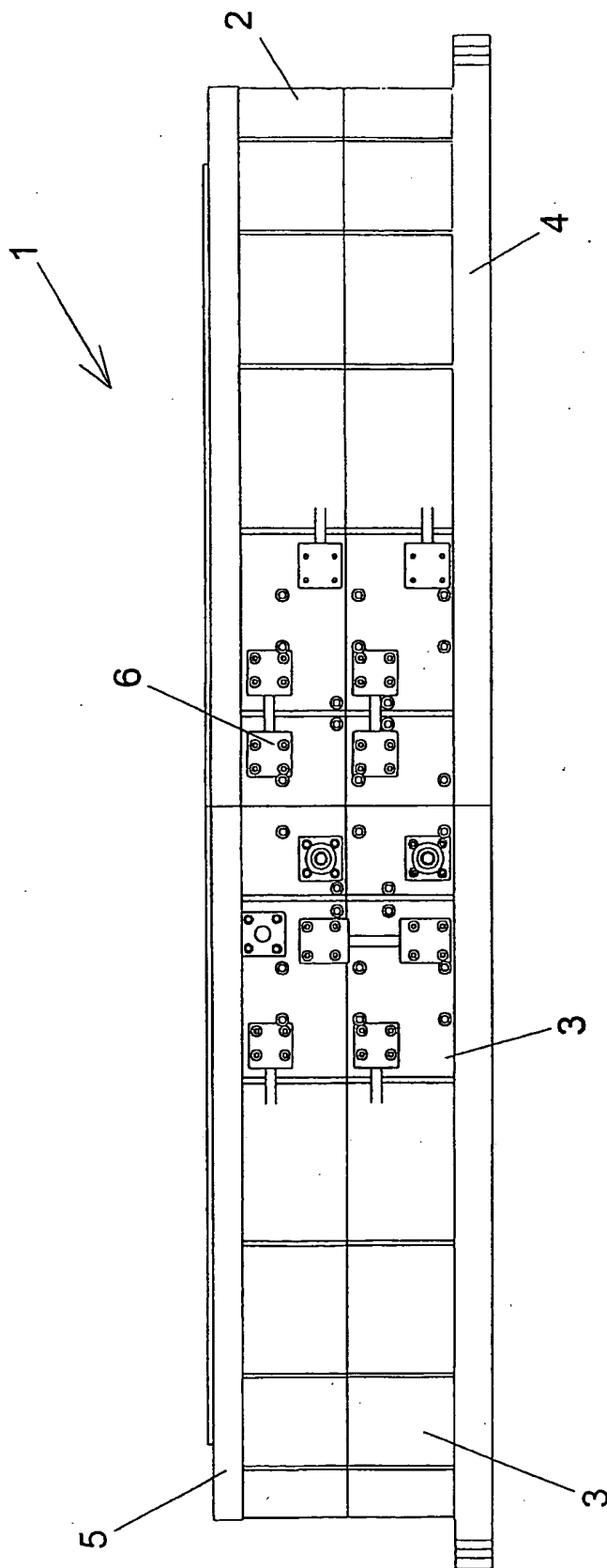


Fig. 2

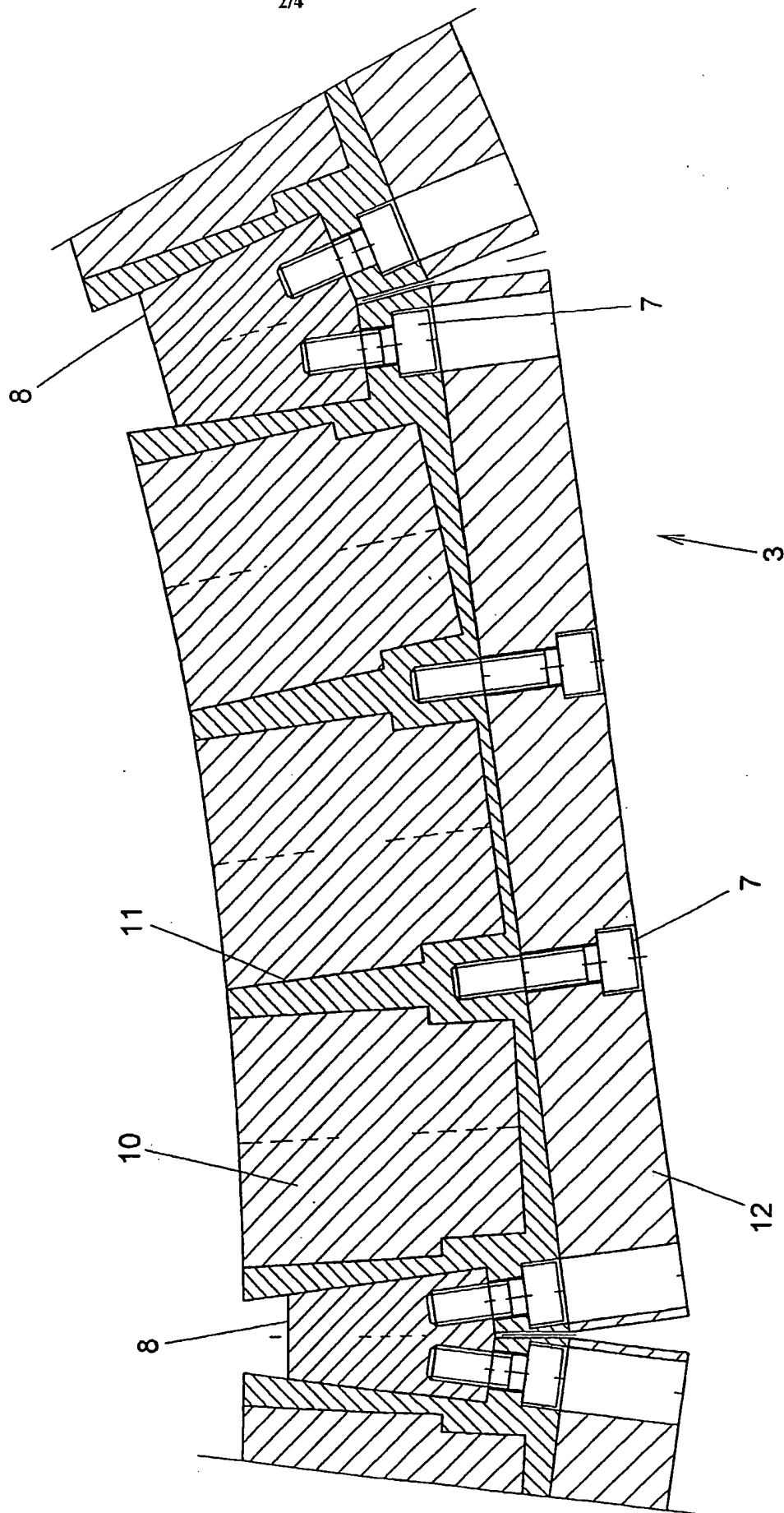
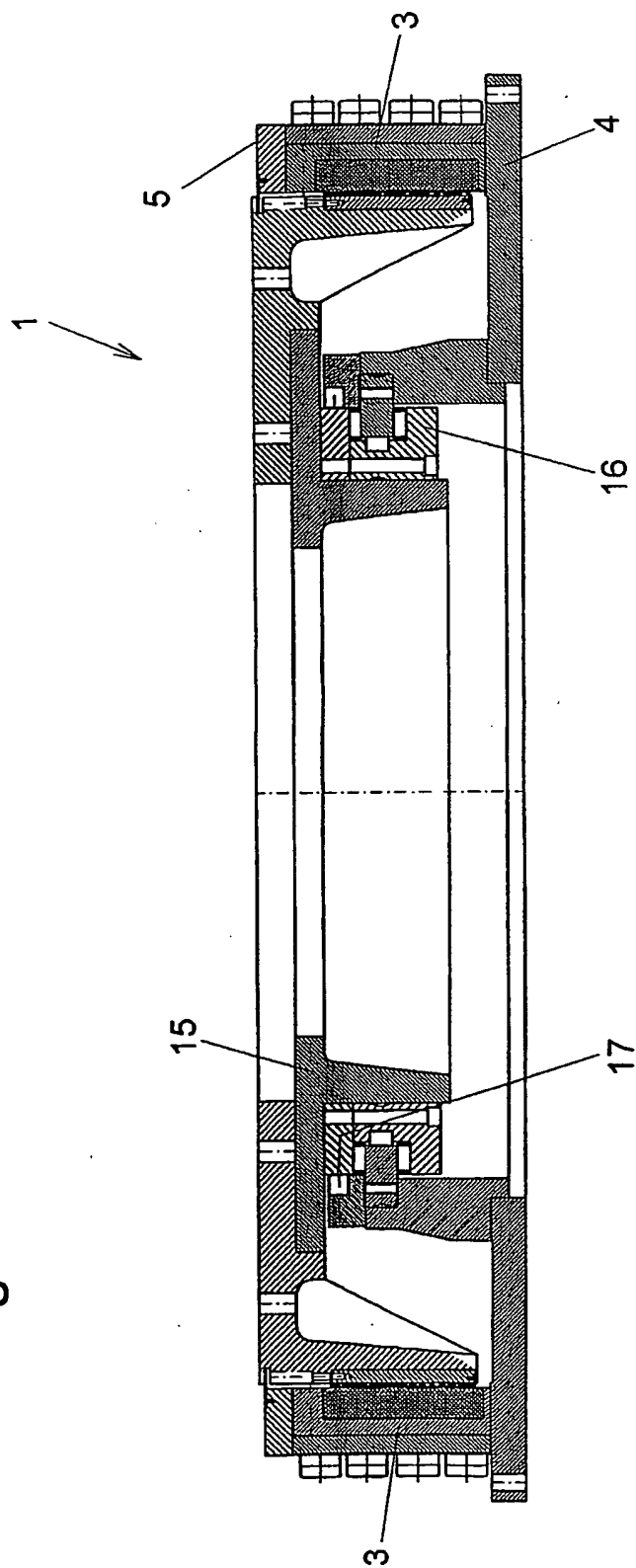


Fig. 3



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Intern. Application No
PCT/EP 03/02125A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 H02K15/02 H02K1/18

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 H02K

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 4 315 171 A (SCHAEFFER) 9 February 1982 (1982-02-09) cited in the application column 4, line 17 - line 20; figure 23 ---	1
Y	US 6 321 439 B1 (BERRONG ET AL.) 27 November 2001 (2001-11-27) column 2, line 39 - line 62; figures ---	1
A	US 5 592 731 A (HUANG ET AL.) 14 January 1997 (1997-01-14) column 7, line 20 - line 37; figures 1-3 -----	1

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *G* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

27 June 2003

Date of mailing of the international search report

04/07/2003

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Kempen, P

Express Mail Label
No. EV342536169US

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 03/02125

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 4315171	A	09-02-1982	US 4190779 A	26-02-1980
US 6321439	B1	27-11-2001	US 5875540 A	02-03-1999
			EP 1026814 A2	09-08-2000
			JP 2000278918 A	06-10-2000
			AU 6019098 A	07-08-1998
			EP 1020011 A1	19-07-2000
			JP 2001518275 T	09-10-2001
			PL 334396 A1	28-02-2000
			WO 9832211 A1	23-07-1998
			US 6201334 B1	13-03-2001
US 5592731	A	14-01-1997	US 5382859 A	17-01-1995
			AT 173567 T	15-12-1998
			AU 4842293 A	29-03-1994
			CA 2143637 A1	17-03-1994
			DE 69322167 D1	24-12-1998
			DE 69322167 T2	10-06-1999
			EP 0658291 A1	21-06-1995
			JP 8505036 T	28-05-1996
			JP 3350889 B2	25-11-2002
			WO 9406192 A1	17-03-1994

Express Mail Label
No. EV342536169US

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Intern. Aktenzeichen

PCT/EP 03/02125

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 H02K15/02 H02K1/18

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 H02K

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	US 4 315 171 A (SCHAEFFER) 9. Februar 1982 (1982-02-09) in der Anmeldung erwähnt Spalte 4, Zeile 17 - Zeile 20; Abbildung 23	1
Y	US 6 321 439 B1 (BERRONG ET AL.) 27. November 2001 (2001-11-27) Spalte 2, Zeile 39 - Zeile 62; Abbildungen	1
A	US 5 592 731 A (HUANG ET AL.) 14. Januar 1997 (1997-01-14) Spalte 7, Zeile 20 - Zeile 37; Abbildungen 1-3	1



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

- *A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- *E* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- *L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- *O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- *P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

G Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

27. Juni 2003

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

04/07/2003

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Kempen, P

Express Mail Label
No. EV342536169US

INTERNATIONALER RESEARCHBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Patentzeichen

PCT/EP 03/02125

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 4315171	A	09-02-1982	US 4190779 A	26-02-1980
US 6321439	B1	27-11-2001	US 5875540 A	02-03-1999
			EP 1026814 A2	09-08-2000
			JP 2000278918 A	06-10-2000
			AU 6019098 A	07-08-1998
			EP 1020011 A1	19-07-2000
			JP 2001518275 T	09-10-2001
			PL 334396 A1	28-02-2000
			WO 9832211 A1	23-07-1998
			US 6201334 B1	13-03-2001
US 5592731	A	14-01-1997	US 5382859 A	17-01-1995
			AT 173567 T	15-12-1998
			AU 4842293 A	29-03-1994
			CA 2143637 A1	17-03-1994
			DE 69322167 D1	24-12-1998
			DE 69322167 T2	10-06-1999
			EP 0658291 A1	21-06-1995
			JP 8505036 T	28-05-1996
			JP 3350889 B2	25-11-2002
			WO 9406192 A1	17-03-1994

Express Mail Label
No. EV342536169US